

Evaluasi lubang kavitasi pada turbin air, pompa tando dan pompa-Turbin – Bagian 2: Evaluasi pada turbin pelton



© BSN 2004

Hak cipta dilindungi undang-undang. Dilarang menyalin atau menggandakan sebagian atau seluruh isi dokumen ini dengan cara dan dalam bentuk apapun dan dilarang mendistribusikan dokumen ini baik secara elektronik maupun tercetak tanpa izin tertulis dari BSN

BSN
Gd. Mangala Wanabakti
Blok IV, Lt. 3,4,7,10.
Telp. +6221-5747043
Fax. +6221-5747045
Email: dokinfo@bsn.go.id
www.bsn.go.id

Diterbitkan di Jakarta

Daftar isi

Daftar isi.....	i
Prakata	ii
Pendahuluan	iii
1 Umum	1
1.1 Ruang lingkup dan objek	1
1.2 Topik yang tidak tercakup.....	1
1.3 Acuan normatif.....	2
2 Istilah, lambang dan definisi	2
2.1 satuan	2
2.2 daftar istilah	2
2.3 Lokasi dan tipe kerusakan pada mangkuk Pelton	6
3 Sifat dan cakupan garansi lubang kavitasi	7
3.1 Periode garansi.....	7
3.2 Definisi jumlah lubang kavitasi.....	7
3.3 Julat pengoperasian dan jangka waktu operasi.....	8
4 Prosedur uji.....	9
4.1 Perbaikan lubang kavitasi selama periode garansi	9
4.2 Pengukuran dan perhitungan jumlah lubang kavitasi	9
5 Penghitungan hasil	10
5.1 Pemenuhan garansi.....	10
Lampiran A Contoh jumlah lubang kavitasi	11
Bibliografi	13

Prakata

Standar Nasional Indonesia (SNI) "Evaluasi lubang kavitasi pada turbin air, pompa tando dan pompa-Turbin – Bagian 2: Evaluasi pada turbin pelton", diadopsi dari standar *International Electrotechnical Commission (IEC) 60609-2 (1997-11)*, "*Cavitation pitting evaluation in hydraulic turbines, storage pumps and pump – turbines – Part 2: Evaluation in Pelton turbines*".

Standar ini dirumuskan oleh Panitia Teknik Turbin Air (PTTB), standar ini telah melalui proses/prosedur perumusan standar dan terakhir dibahas dalam Konsensus XXII pada tanggal 11 sampai dengan 13 Nopember 2003 di Jakarta untuk mencapai mufakat.



Evaluasi lubang kavitasi pada turbin air, pompa tando dan pompa-Turbin – Bagian 2: Evaluasi pada turbin pelton

1 Umum

1.1 Ruang lingkup dan objek

Bagian dari standar SNI 04-1706-1989 (Ref IEC 60609) ini berlaku sebagai dasar untuk formulasi garansi mengenai lubang kavitasi pada raner turbin Pelton dan juga untuk pengukuran dan evaluasi dari jumlah lubang kavitasi pada raner turbin Pelton dari turbin yang ditetapkan, seperti dinyatakan dalam kontrak dengan daya, energi hidrolik spesifik dari mesin (tinggi hidrolik), kecepatan putar, material, operasi, dan lain-lainya.

Evaluasi harus didasarkan pada kehilangan material selama waktu yang ditetapkan dan dalam kondisi operasi yang ditentukan dengan akurat.

Garansi yang membatasi cakupan lubang kavitasi dan erosi timpa pada turbin Pelton di akhir periode operasi yang dispesifikasi kedalam kontrak adalah perlu bila lubang kavitasi diperkirakan terjadi pada seluruh atau beberapa julat operasi. Garansi seperti itu harus meliputi batas-batas untuk operasi yang konsisten dengan kondisi operasi yang dispesifikasikan.

1.2 Topik yang tidak tercakup

Diasumsikan pada bagian SNI 04-1706-1989 ini bahwa air tidak agresif secara kimia sampai suatu tingkat signifikan dan bahwa air tersebut secara esensial bebas dari butiran padat yang abrasif.

Namun garansi kavitasi harus ditetapkan berdasarkan pada suatu analisis air yang disepakati. Jika melalui analisis lebih lanjut ternyata bahwa kenyataannya air lebih agresif dari pada yang dicantumkan dalam analisis yang disepakati, maka hal ini harus dipertimbangkan dalam menilai apakah garansi yang ditetapkan telah dipenuhi.

Dalam hal adanya kondisi air masuk yang terdistorsi pada sisi masuk turbin akibat ketidak-teraturan pada sisi hulu turbin, sehingga efek hidrolik meningkat, walaupun tidak berpengaruh terhadap unjuk kerja hidrolik tapi dapat juga menyebabkan lubang kavitasi. Karena itu harus diminta untuk dasar garansi lubang kavitasi bahwa suatu kondisi aliran yang secara memuaskan uniform dan bebas-pusaran harus diberikan. Dalam hal adanya kerusakan, pengaruh kondisi aliran masuk yang tidak sesuai harus diperhitungkan.

Abrasi akibat air yang terkontaminasi butiran padat (misalnya pasir) tidak dapat dipertimbangkan sebagai lubang kavitasi. Kandungan padat dalam air dan juga – jika relevan – tipe mineral, ukuran dan bentuk partikel padat (pasir) harus dinyatakan dalam analisis air dan, jika mencapai proporsi yang signifikan, harus menjadi subjek dari suatu persetujuan khusus. Aspek keausan abrasif oleh erosi pasir dibahas dalam standar IEC 61366 (Lampiran H).

Abrasi dapat menyebabkan perubahan geometri pada jarum dan/atau mangkuk dan selanjutnya lubang kavitasi sebagai kerusakan sekunder. Kerusakan seperti itu harus dikeluarkan dari evaluasi kavitasi.

SNI 04-1706.2-2004

Jika lubang kavitasi terjadi dalam zona dengan kerusakan yang secara terpisah dapat dikaitkan pada korosi kimia atau elektrokimia yang tidak normal, abrasi atau tumbukan mekanik, maka kerusakan seperti itu harus dikeluarkan dari evaluasi kavitasi.

Jika lubang kavitasi terjadi dalam zona dengan kerusakan yang dapat ditunjukkan telah bertambah oleh efek kimia atau elektrokimia sebagai tambahan atas kerusakan yang normal akibat kavitasi dalam air sesuai analisis yang disepakati, maka zona seperti ini harus dikeluarkan dari evaluasi kavitasi.

Dalam konteks ini, pemilihan material harus mendapat perhatian dengan mengacu pada abrasi oleh erosi pasir dan/atau korosi kimia atau elektrokimia.

Kerusakan material yang muncul berupa keausan pada permukaan mesin selama operasi tidak diperhitungkan pada verifikasi garansi terhadap lubang kavitasi.

Kondisi operasi khusus seperti peluahan dengan menggunakan deflektor atau deflektor pemisah (*cut-in deflector*) harus dikeluarkan dari garansi lubang kavitasi.

1.3 Acuan normatif

Dokumen normatif berikut berisi ketentuan yang, melalui acuan dalam teks ini, merupakan ketentuan dari bagian SNI ini. Pada saat dipublikasikan, edisi yang ditunjukkan masih berlaku. Semua dokumen normatif dapat direvisi, dan pihak-pihak yang harus mencapai kesepakatan berdasarkan bagian SNI ini disarankan untuk menyelidiki kemungkinan menerapkan edisi yang paling baru dari dokumen normatif yang ditunjukkan di bawah ini. Anggota-anggota IEC dan ISO menyimpan daftar dari Standar Internasional yang saat ini berlaku.

IEC 60609: 1978, *Cavitation pitting evaluation in hydraulic turbines, storage pumps and pump-turbines*.

2 Istilah, lambang dan definisi

2.1 satuan

satuan Sistem Internasional (SI) telah digunakan dalam bagian SNI 04-1706-1989 ini. Dimensi untuk lubang diberikan dalam sentimeter

2.2 daftar istilah

istilah, lambang dan definisi yang dipilih dalam bagian SNI 04-1706-1989 ini didaftar sebagai berikut ¹⁾

2.2.1 kavitasi

gelembung-gelembung uap yang terbentuk bilamana tingkat tekanan lokal turun sampai sekitar tingkat tekanan uap dan yang pecah pada saat tingkat tekanan lokal naik di atas tingkat tekanan uap

¹⁾ Juga didasarkan, bila relevan, pada IEC 61364

2.2.2**lubangan kavitasi**

kehilangan material disebabkan oleh kavitasi

2.2.3**erosi timpa**

kehilangan material disebabkan oleh tumbukan butir-butir kecil yang bergerak (erosi tumbukan cairan, pukulan pancaran)

2.2.4**abrasi**

kehilangan material disebabkan oleh partikel padat yang melayang (misalnya pasir) yang mengikis permukaan material (keausan abrasi, erosi pasir)

2.2.5**garansi kavitasi**

jumlah bulan atau tahun pelayanan suatu mesin dalam jangka waktu garansi lubang kavitasi berlaku

2.2.6**jangka waktu operasi garansi kavitasi**

jumlah jam jangka waktu operasi selama garansi lubang kavitasi berlaku

2.2.7**jangka waktu operasi acuan t_R (j)**

jumlah jam operasi mesin yang digunakan sebagai nilai acuan untuk menetapkan garansi lubang kavitasi

2.2.8**jangka waktu operasi aktual t_A (j)**

jumlah aktual jam operasi mesin pada saat pemeriksaan lubang kavitasi

2.2.9 **E (Jkg^{-1})**

energi hidrolik spesifik dari mesin (turbin), $E = g H$, lihat 2.2.11 dan ²⁾

2.2.10 **g (ms^{-2})**

percepatan gravitasi ¹⁾

2.2.11 **H (m)**

tinggi hidrolik turbin $H = E/g$

2.2.12 **P (W)**

daya, daya mekanikal dari turbin

2.2.13 **P_{cu}**

batas atas daya untuk operasi kontinu normal yang dispesifikasikan untuk masing-masing energi hidrolik spesifik (lihat Gambar 1)

2.2.14

P_{TU}

batas atas daya untuk operasi tidak normal sementara yang dispesifikasikan untuk masing-masing energi hidrolik spesifik (lihat Gambar 1)

2.2.15

P_{CL}

batas bawah daya untuk operasi kontinu normal yang dispesifikasikan untuk masing-masing energi hidrolik spesifik ³⁾ (lihat Gambar 1)

2.2.16

julat operasi normal kontinu

dibatasi oleh P_{CU} dan P_{CL} (lihat Gambar 1)

2.2.17

julat operasi tidak normal sementara beban turbin tinggi

dibatasi oleh P_{CU} dan P_{CL} (lihat Gambar 1)

2.2.18

$S(cm)$

kedalaman maksimum absolut dari suatu area yang berlubang diukur dari permukaan asli; untuk penjelasan lebih lanjut lihat juga butir 2.3; (kedalaman maksimum yang digaransi = S_{maks})

2.2.19

S_1, S_2, S_3 , dan seterusnya

kedalaman maksimum suatu area berlubang tertentu yang diukur dari permukaan asli

2.2.20

$A (cm^2)$

jumlah luas dari seluruh raner yang mengalami kerusakan akibat lubang kavitasi:

- bagian dalam mangkuk (lokasi 3,4,5 dan 6 dari Gambar 2),
- bagian luar mangkuk dalam julat sisi belakang dari pemisah dan pemutus aliran (lokasi 1,1a,dan 2 dari Gambar 2),

yang ditentukan, sebagai salah satu dari:

- a) sebagai seluruh area yang rusak akibat lubang kavitasi yang memerlukan perbaikan (termasuk area yang hanya memerlukan penggerindaan), atau;
- b) hanya area dengan kedalaman yang ditentukan dan disepakati bersama telah melebihi batas yang ditetapkan, atau;
- c) hanya area yang memerlukan perbaikan dengan pengelasan (total luas maksimum yang digaransi = A_{maks}).

2.2.21

A_1, A_2, A_3 dan seterusnya (cm^2)

area individual yang mengalami kerusakan oleh lubang kavitasi seperti ditentukan dalam 2.2.20

2) Untuk informasi yang lengkap, lihat IEC 60041

3) P_{CL} dapat didefinisikan sebagai langkah jarum yang dibatasi 15 % dari langkah jarum maksimum, kecuali disepakati lain

2.2.22 **A_i (cm²)**

total area yang rusak dari sebuah mangkuk individual "I"

2.2.23 **a** koefisien yang menentukan deviasi maksimum yang diperbolehkan dari luas mangkuk maksimum yang digaransi ($= A_{maks} / z_2$); akan bernilai $a > 1$ (lihat 3.2)**2.2.24** **V (cm³)**volume material dari seluruh raner yang hilang akibat lubang kavitasi (volume total maksimum yang digaransi = V_{maks})**2.2.25** **k, k_1, k_2, k_3 dan seterusnya**

koefisien yang digunakan dalam perhitungan perkiraan dari volume sebagaimana ditunjukkan dalam 4.2.3 b)

2.2.26 **C_R (cm, cm², cm³)**batas jumlah lubang kavitasi yang digaransi untuk jangka waktu operasi acuan; ($C_R = S_{maks}, A_{maks}, V_{maks}$)⁴⁾**2.2.27** **C_A (cm, cm², cm³)**

batas jumlah lubang kavitasi yang digaransi pada saat pemeriksaan lubang kavitasi

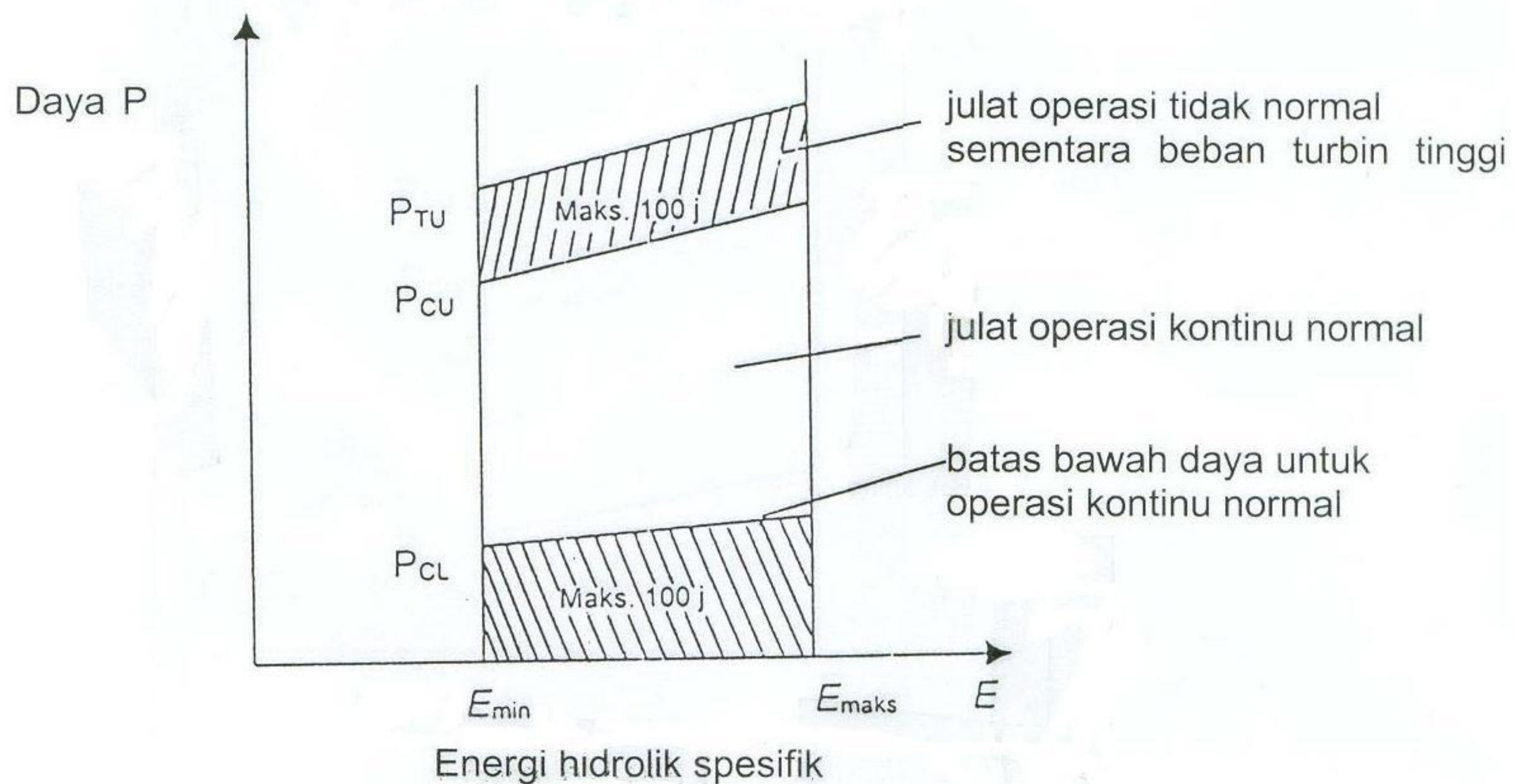
2.2.28 **B (m)**

lebar bagian dalam mangkuk (lihat Gambar 2)

2.2.29 **z_2**

jumlah mangkuk

4) Contoh nilai lubang kavitasi maksimum yang diperbolehkan yang akan digaransi untuk jangka waktu acuan (8000 jam), lihat Gambar A.1 dengan nilai sebagai fungsi dari lebar mangkuk bagian dalam B; lihat juga 3.2



Gambar 1 Julat operasi

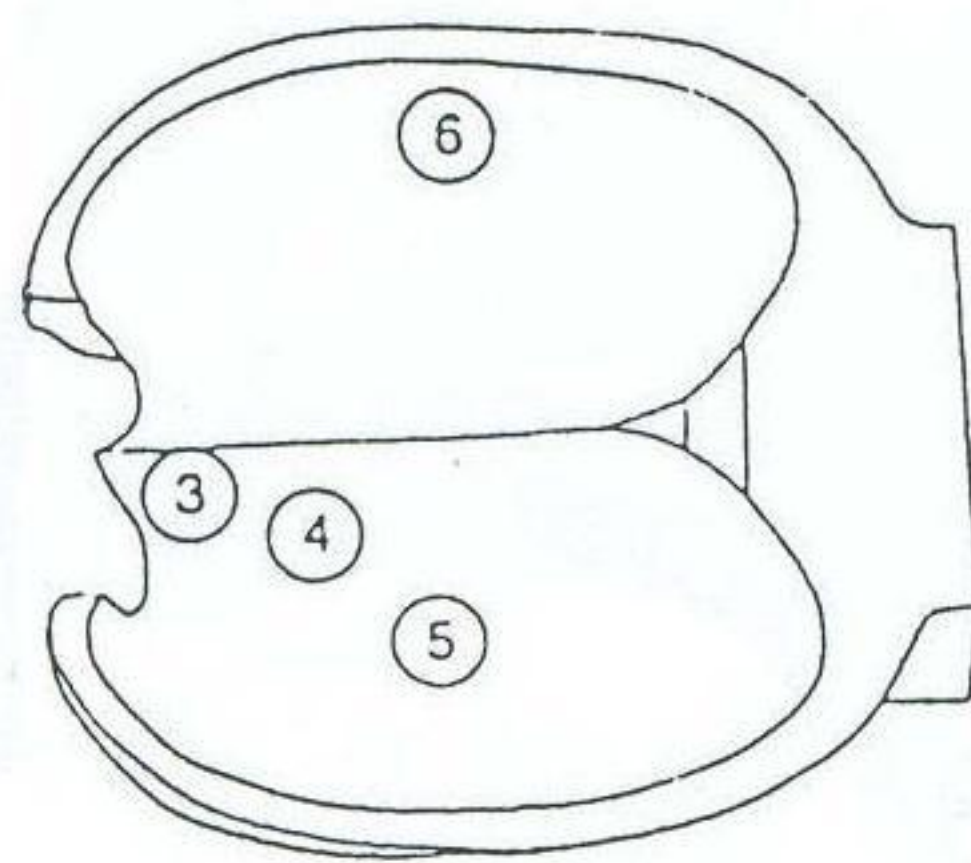
2.3 Lokasi dan tipe kerusakan pada mangkuk Pelton

Berbagai lokasi kerusakan akibat lubang kavitasi (yaitu lubang kavitasi dan/atau erosi timpa) pada mangkuk Pelton dapat diamati, kebanyakan diantaranya pada permukaan bagian dalam mangkuk. Lokasi ini dapat diklasifikasikan dengan lokasi yang dapat ditentukan mengacu pada Gambar 2.

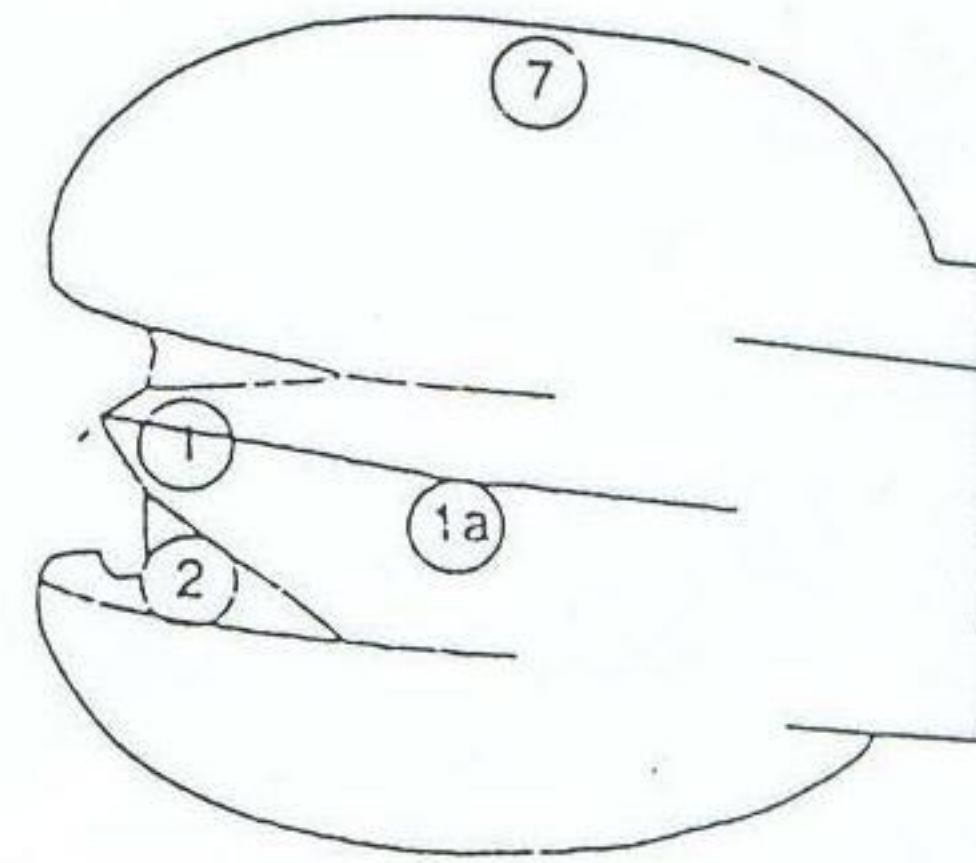
Evaluasi jumlah lubang kavitasi yang dinyatakan dalam kedalaman S , luas A atau volume V (lihat butir 3.2 sampai 4.2) akan dibuat bebas dari pertanyaan mengenai sumber kerusakan kavitasi jika disebabkan oleh tumbukan kavitasi atau oleh tumbukan cairan/fluida pancaran.

Mengacu pada kedalaman S , harus dinyatakan:

- Dari ketiga parameter yang menentukan jumlah lubang kavitasi (kedalaman S , luas A dan volume V) nilai mutlak kedalaman maksimum S adalah penting, sejauh mengenai kekuatan struktur yang tergantung pada lokasi.
- Kedalaman S dari lubang ditentukan dalam suatu area yang berlubang dengan luas sekurang-kurangnya $0,2 \text{ cm}^2$, tidak termasuk lubang-lubang kecil individual yang mungkin juga disebabkan oleh fenomena yang berbeda dari kavitasi.
- Lubang dekat atau pada lokasi yang sensitif seperti misalnya bagian pemutus aliran dari mangkuk pada lokasi-lokasi 1,2 dan 3 pada Gambar 2 harus tidak mempunyai kedalaman yang lebih besar dari nilai yang terkecil yang dinyatakan dalam Gambar A.1, pada Lampiran A.



Mangkuk bagian dalam



Mangkuk bagian luar

- 1 Bagian belakang ujung pemisah
- 1a Bagian belakang pemisah
- 2 Bagian belakang pemutus aliran
- 3 Bagian depan ujung pemisah
- 4 Zona bagian atas pemisah
- 5 Bagian bawah mangkuk
- 6 Zona bagian atas dari dinding mangkuk bagian dalam
- 7 Zona bagian atas dari dinding mangkuk bagian luar

Gambar 2 Lokasi kerusakan akibat lubang kavitasi

3 Sifat dan cakupan garansi lubang kavitasi

3.1 Periode garansi

Kecuali disepakati lain, periode garansi kavitasi atau jangka waktu operasi garansi kavitasi harus sama sebagaimana yang disepakati dalam kontrak untuk turbin Pelton secara keseluruhan.

3.2 Definisi jumlah lubang kavitasi

Kontrak pemasokan harus mencakup ketentuan yang mengatur

- a) jumlah lubang kavitasi selama jangka waktu operasi acuan yang disepakati harus tidak dilampaui, sesuai ketentuan dalam butir 3.3.1;
- b) metode pengukuran dan perhitungan yang digunakan untuk memeriksa pemenuhan garansi sesuai dengan butir 4.2.

Jumlah lubang kavitasi yang digaransi dapat mengacu pada suatu pembatasan kedalaman S maksimum (sebagaimana ditentukan dalam butir 2.2.18) atau pada luas A (seperti ditentukan dalam butir 2.2.20 dengan alternatif a), b) dan c) seperti dispesifikasikan) atau volume yang hilang V (seperti ditentukan dalam butir 2.2.24) atau pembatasan dua kuantitas atau ketiga kuantitas ini.

Nilai-nilai untuk batas yang digaransi dari lubang kavitasi yang diizinkan S_{maks} , A_{maks} dan

V_{maks} , dan dinyatakan dengan C_R untuk jangka waktu operasi acuan (lihat butir 2.2.26 dan 5.1) diberikan dalam Gambar A.1, pada Lampiran A.

Kondisi kedua untuk area yang rusak dapat juga merupakan jumlah luas yang rusak A_i dari sebuah mangkuk individual, dengan memperhitungkan ketidaksamaan/ketidakseragaman sebaran lubang kavitasi dalam satu mangkuk dengan yang lainnya. Dalam hal ini, rumus berikut dapat diterapkan:

- $A_i < a \times A_{maks}/z_2$
dengan definisi untuk A_i , a dan z_2 seperti diberikan dalam butir 2.2.22, 2.2.23 dan 2.2.29
- $1,5 < a \leq 2,0$
jika tidak disepakati lain, diasumsikan $a = 2,0$

3.3 Julat pengoperasian dan jangka waktu operasi

Untuk menetapkan garansi lubang kavitasi dan menentukan apakah garansi telah dipenuhi, perlu untuk secara tepat menspesifikasikan julat operasi mesin yang diizinkan yang dinyatakan dengan energi hidrolik spesifik dan daya (lihat Gambar 1) bersama dengan jangka waktu operasi acuan yang terkait.

Energi hidrolik spesifik, daya dan jam operasi harus dicatat selama periode garansi. Kontraktor turbin harus diberi kesempatan untuk melakukan verifikasi apakah kondisi yang disepakati telah diikuti.

3.3.1 Jangka waktu operasi acuan

Kecuali kalau disepakati lain sebagai tambahan atas periode garansi kavitasi yang disepakati (lihat butir 3.1), jangka waktu operasi acuan harus 8000 jam (tidak tergantung pada periode garansi) dan berlaku sebagai dasar untuk menetapkan (lihat Lampiran A) dan memeriksa garansi lubang kavitasi (lihat butir 4.2).

Untuk suatu jangka waktu operasi acuan lain yang disepakati korelasi linier antara jangka waktu dan jumlah lubang kavitasi sama dengan rumus dalam butir 5.1 dapat dipakai.

Pengaruh dari beban (daya) yang ada, khususnya pada perbandingan yang besar antara diameter pancaran terhadap lebar mangkuk, tidak dapat dipertimbangkan karena pengalaman yang terbatas saat ini.

3.3.2 Jangka waktu operasi aktual

Seluruh waktu pengoperasian sampai pada saat pemeriksaan lubang kavitasi harus diambil dari rekaman operasi pusat pembangkit dan dipilah-pilah dalam periode-periode waktu untuk operasi dalam julat operasi normal kontinu dan dalam julat operasi tidak normal sementara dengan beban turbin tinggi dan di bawah batas bawah daya P_{CL} (lihat Gambar 1).

Kecuali jika disepakati lain, garansi kavitasi harus menjadi tidak berlaku jika jangka waktu operasi berikut dilampaui dalam jangka waktu operasi aktual:

- a) julat operasi tidak normal sementara beban turbin tinggi, sebagaimana didefinisikan dalam butir 2.2.17: 100 jam;
- b) di bawah batas bawah daya rendah P_{CL} untuk operasi kontinu normal sebagaimana didefinisikan dalam butir 2.2.15: 100 jam.

3.3.3 Kondisi khusus

Waktu yang diperlukan untuk operasi pengasutan dan penghentian turbin Pelton harus dimasukkan dalam jangka waktu operasi aktual.

Pengoperasian turbin di bawah P_{CL} harus dibatasi pada urutan pengasutan dan penghentian. Jangka waktu turbin Pelton beroperasi dengan raner berputar dalam udara harus dikeluarkan dari jangka waktu operasi aktual.

4 Prosedur uji

4.1 Perbaikan lubangan kavitasi selama periode garansi

Kontraktor turbin harus mempunyai kesempatan untuk memeriksa turbin, setelah periode operasi yang wajar (misalnya 200 jam atau 500 jam) yang harus disepakati oleh pemakai, dan melaksanakan pekerjaan yang dianggap perlu dalam suatu periode yang disepakati.

Jika sebelum akhir periode garansi, kontraktor turbin melakukan:

- perbaikan yang substansial atas kerusakan lubangan kavitasi, dan/atau,
- perubahan yang signifikan dari bentuk komponen yang mempunyai resiko kavitasi (kedua tindakan dilakukan dengan penggerindaan dan/atau pengelasan),

maka jangka waktu dari garansi kavitasi sebagaimana didefinisikan dalam butir 2.2.6 harus mulai sejak saat turbin dioperasikan lagi.

Jika perbaikan atau perubahan tersebut bersifat minor, yaitu jika perbaikan dapat dilakukan dengan sedikit penggerindaan dan pemolesan, maka kesepakatan bersama periode garansi kavitasi dapat dianggap tidak terganggu.

4.2 Pengukuran dan perhitungan jumlah lubangan kavitasi

Kecuali disepakati lain dan jika jumlah lubangan kavitasi yang diukur untuk tujuan pemeriksaan pemenuhan garansi, pembeli dan pemasok harus melakukan pengukuran tersebut secara bersama. Pemeriksaan seperti itu harus dilakukan sebelum habisnya masa berlaku periode garansi kavitasi atau jangka waktu garansi dari operasi yang dispesifikasikan dalam kontrak.

Sebelum pengukuran kedalaman, titik-titik pengukuran S harus digerinda sampai mencapai material yang masih baik. Sebelum pengukuran luas atau volume, semua area yang rusak akibat kavitasi harus dibersihkan dengan hati-hati atau dengan persetujuan sebelumnya disiapkan dengan penggerindaan untuk perbaikan dengan pengelasan.

4.2.1 *Kedalaman maksimum S* dari suatu area yang berlubang harus ditentukan dengan memakai alat ukur kedalaman, menggunakan mal atau gawai lain yang sesuai, yang diletakkan pada area yang tidak rusak dari bagian mangkuk yang diselidiki, menghasilkan kembali kontur asli dari area dengan ketelitian yang memuaskan pada zona yang materialnya telah hilang (lihat juga catatan dalam butir 2.3).

4.2.2 *Luas individual yang rusak A* sebaiknya harus ditandai, menggunakan cat yang sesuai – terutama jika bentuk kontur tidak teratur dan jika area melengkung dalam tiga dimensi – dan dipindahkan pada kertas yang stabil dengan cara dilekatkan. Luas area yang tampak pada kertas selanjutnya dapat ditentukan dengan menggunakan planimeter atau, jika digunakan kertas grafik, dengan menghitung persegi-persegi.

Ketidakpastian pengukuran tidak boleh melebihi $\pm 10 \%$.

Luas lubang yang dipertimbangkan untuk tujuan garansi harus mempunyai kedalaman lubang yang lebih besar dari 0,05 cm.

4.2.3 Kehilangan material, volume V , harus diukur menggunakan suatu metode yang konsisten dengan garansi sebagai berikut:

- a) *dengan cara pengukuran berlangsung* volume material pengisi plastik (campuran plastik) yang diperlukan untuk mengembalikan bentuk permukaan asli yang tidak rusak dan dipergunakan untuk memperoleh cetakan negatif. Dalam hal kerusakan akibat kavitasi terjadi pada area yang melengkung dalam tiga dimensi, bentuk permukaan harus diperiksa dengan menggunakan mal atau gawai lain yang sesuai.

Ketidakpastian pengukuran tidak boleh melebihi $\pm 15 \%$.

- b) *dengan cara perhitungan perkiraan,* yang kecuali disepakati lain, dapat dilakukan dengan salah satu dari formula berikut:

$$V = (k_1 S_1 A_1 + k_2 S_2 A_2 + \dots)$$

atau

$$V = k (S_1 A_1 + S_2 A_2 + \dots)$$

dengan nilai-nilai k_1, k_2, \dots atau k dapat dipilih melalui persetujuan bersama tergantung pada bentuk area yang berlubang, atau dengan formula yang disederhanakan:

$$V = 0,5 \sum S_i A_i$$

5 Penghitungan hasil

5.1 Pemenuhan garansi

Garansi lubang kavitasi telah dicapai jika, setelah suatu periode operasi dalam julat yang disepakati sesuai dengan butir 3.3, jumlah lubang kavitasi yang diukur (dengan pertimbangan yang diberikan pada ketidaktepatan pengukuran) pada bagian yang relevan dari turbin tidak melebihi kuantitas yang dispesifikasikan sesuai dengan butir 3.3, dikoreksi dengan menggunakan formula berikut:

$$C_A = C_R \times (t_A/t_R)$$

Definisi diberikan dalam butir 2.2 (C_A dalam 2.2.27, C_R dalam 2.2.26, t_A dalam 2.2.8 dan t_R dalam 2.2.7).

Perbedaan antara jangka waktu operasi aktual pada saat dilakukannya pemeriksaan (lihat butir 2.2.8) dan jangka waktu operasi acuan (lihat butir 2.2.7) harus sekecil mungkin. Julat yang diizinkan dari perbedaan ini harus disepakati bersama dalam kontrak. Jumlah lubang kavitasi harus ditentukan dengan menggunakan metode pengukuran yang diuraikan dalam butir 4.2. Metode pengukuran yang dipilih harus dispesifikasikan dalam kontrak.

Jika operasi tanpa kavitasi telah digaransi untuk seluruh julat operasi yang mungkin dan dispesifikasikan dalam kontrak, maka garansi tidak dipenuhi jika lubang terjadi dalam pengoperasiannya dan lubang tersebut dengan jelas disebabkan kavitasi.

Lampiran A (normatif)

Contoh jumlah lubang kavitasi

Diagram-diagram dalam Gambar A.1 menunjukkan sebagai contoh, julat untuk nilai kedalaman maksimum S dalam cm, luas A dalam cm^2 dan volume V dalam cm^3 yang dapat dipilih untuk raner turbin Pelton, dari baja tahan karat martensitik atau martensitik/austenitik atau – mungkin – dari perunggu aluminium (dalam hal energi hidrolik spesifik rendah), dan untuk jangka waktu operasi acuan (8000 jam), didasarkan pada kurva pengalaman.

Nilai-nilai yang ditunjukkan didasarkan pada konsep jumlah yang beralasan dari perbaikan yang diperlukan sesudah periode operasi dua tahun, dengan tidak mengindahkan kategori di atas.

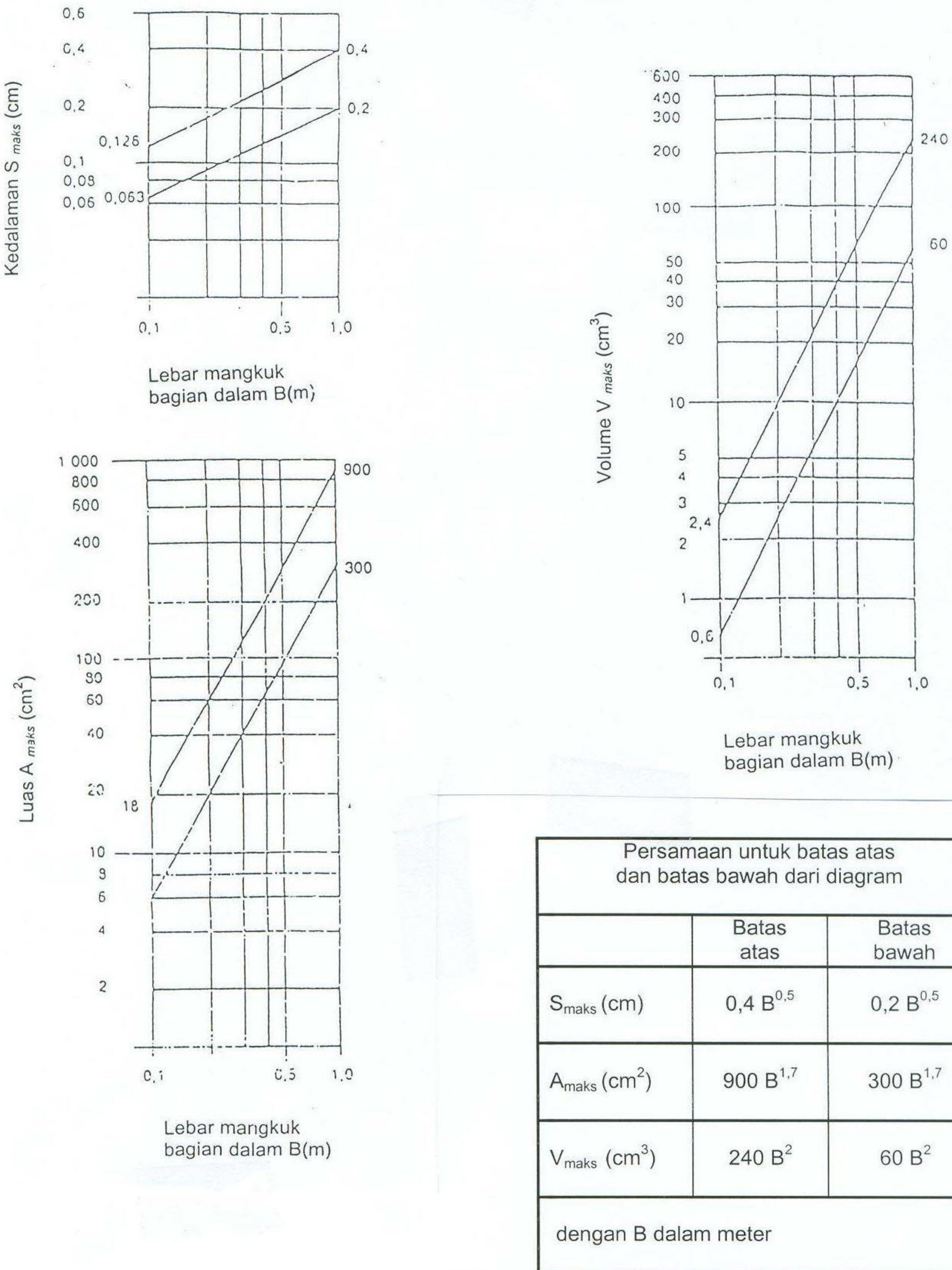
Sebagaimana dinyatakan dalam butir 3.1, harus diutamakan bahwa nilai-nilai yang ditetapkan untuk luas A dan volume V berlaku untuk seluruh raner dan tidak hanya untuk sebuah mangkuk (lihat butir 2.2.20 dan 2.2.24). Kerusakan pada komponen lain dari turbin seperti pengarah aliran dan perisai proteksi pada bagian dalam rumah tidak termasuk dalam nilai-nilai yang ditunjukkan dalam Gambar A.1.

Perhatian harus diberikan pada kenyataan bahwa nilai-nilai ini adalah contoh, dan dapat terjadi kasus-kasus dengan jumlah lebih besar atau lebih sedikit yang disetujui, tergantung pada keadaan.

Nilai-nilai yang dipakai harus secara normal terletak antara batas-batas yang ditetapkan. Batas atas - menunjukkan kecenderungan yang lebih besar pada lubang kavitasi – harus dipertimbangkan jika salah satu dari hal-hal berikut:

- jumlah pancaran yang banyak ($z_o > 4$),
- energi hidrolik spesifik turbin yang tinggi ($E > 8000 \text{ Jkg}^{-1}$), atau juga
- julat operasi yang lebar dari energi hidrolik spesifik (yang di dalamnya pengoperasian dekat E_{\min} , lihat Gambar 1, mengarah pada kecenderungan yang meningkat untuk lubang kavitasi).

Efek kurang baik yang potensial dari kedalaman S terhadap kekuatan struktur pada lokasi sensitif dibahas dalam butir 2.3.



Gambar A.1 Contoh nilai-nilai maksimum yang diizinkan dari lubang kavitasi pada raner Pelton (untuk jangka waktu acuan 8000 jam)

Bibliografi

IEC 60041:1991, *Field acceptance test to determine the hydraulic performance of hydraulic turbines, storage pumps and pump-turbines*

IEC 60609:1978, *Cavitation pitting evaluation in hydraulic turbines, storage pumps and pump-turbines*

IEC 61364, *Nomenclature of hydraulic machinery*

IEC 61366, *Guide for the preparation of tendering documents for hydraulic turbines, storage pumps and pump-turbines*









BADAN STANDARDISASI NASIONAL - BSN
Gedung Manggala Wanabakti Blok IV Lt. 3-4
Jl. Jend. Gatot Subroto, Senayan Jakarta 10270
Telp: 021- 574 7043; Faks: 021- 5747045; e-mail : bsn@bsn.or.id